

KADAR ARSENIK DALAM AIR SUNGAI, SEDIMEN, AIR SUMUR DAN URIN PADA KOMUNITAS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MUSI PROVINSI SUMATERA SELATAN TAHUN 2009

¹Maksuk

¹Politeknik Kesehatan Kemenkes Palembang*

ABSTRAK

Latar Belakang: Jutaan manusia bisa terpapar arsenik. Arsenik dapat menimbulkan efek gangguan kesehatan manusia yang bersifat karsinogenik, mutagenik dan teratogenik dan toksisitasnya dapat bersifat akut dan kronik. Paparan kronik pada Arsenik meningkatkan resiko penyakit seperti lesi pada kulit, bronchitis, hepatomegali, neuropathi, peripheral vascular diseases (seperti : gangrene), penyakit cardiovascular, kanker kulit, kanker paru, dan kanker empedu. Penelitian ini untuk mengetahui kadar arsenik di dalam urin manusia dan kadar arsenik di daerah aliran sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan tahun 2009.

Metode: Desain penelitian *cross sectional*, dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini meliputi pengambilan sampel air sungai, sedimen sungai, air bersih dan urin. Besar sampel yaitu 150 responden terdiri dari 50 sampel di bagian hulu, 50 sampel di bagian tengah dan 50 sampel di bagian hilir sungai Musi. Data diambil secara purposif random sampling. Data dianalisis di laboratorium kemudian diolah, dianalisa dan diinterpretasikan dengan uji analisis univariat, bivariat (uji *Mann-Whitney* dan korelasi) dan multivariat (regresi linier ganda).

Hasil: Kisaran rata – rata kadar As dalam urin responden adalah 0 – 33 µg/L. Hasil analisis dengan uji korelasi umur (0,026) berhubungan secara signifikan dengan kadar As dalam urin dan uji *Mann-Whitney* bahwa jenis kelamin (*p value* = 0,0005), pekerjaan (*p value* = 0,005) dan kebiasaan merokok (*p value* = 0,0005) berhubungan secara signifikan. Sedangkan variabel yang menjadi prediktor dalam menentukan kadar arsenik dalam urin adalah jenis kelamin setelah dikontrol variabel lain.

Kesimpulan: Kadar arsenik dalam urin masih berada dibawah *Biological Exposure Indices*, namun hal ini dapat menyebabkan akumulasi dalam tubuh manusia dan lama kelamaan akan menimbulkan efek gangguan kesehatan.

Kata Kunci : arsenik, urin, air sungai, sedimen, air sumur,.

ARSENIC CONCENTRATIONS IN WATER RIVER, SEDIMENT, GROUNDWATER AND URINE OF PEOPLE LIVING AT MUSI RIVER WATERSHIELD OF SOUTH SUMATERA, 2009

ABSTRACT

Background: Arsenic toxicity is a global health affecting many million of people. Contamination is caused by arsenic from natural geological sources leaching into aquifers, contaminating drinking water and many also occur from mining and other industrial processes. Arsenic can cause human health effects that are carcinogenic, mutagenic and teratogenic its toxicity can be acute and chronic. Chronic exposure to arsenic increases the risk for As – induced diseases such as noncancerous skin lesions, bronchitis, hepatomegaly, neuropathy, peripheral vascular diseases (e.g : gangrene), cardiovascular disease, skin cancer, lung cancer, and bladder cancer. This research is to determine levels of arsenic in urine, river water, sediment, drinking water in the Musi River of South Sumatera Province in 2009.

Methods: cross sectional research design, with quantitative approach. Sample size of this research is 150 respondents consisted of 50 sample in the up- stream, 50 sample in middle stream and 50 sample in down stream. Data analyzed in the laboratory by Atomic Absorption Spectrophotometer, and then processed, analysis of univariate, bivariate (*Mann-Whitney* test and correlations) and Multiple linear regression.

Result: The range of arsenic in urine are 0,0 – 33 µg/L. The results of correlations analysis that age (*p value* = 0,26) related significantly and mann – whitney test analysis that gender (*p value* = 0,010) and smoking (*p value* = 0,03) related significantly. Multiple linear regression analysis of the predictor variables in determining the levels of arsenic in urine is the gender (adjusted R square = 4,5%) after adjusted by others variable.

Conclusion: Levels of arsenic in urine is still under *Biological Exposure Indices* (BEIs) < 35 µg/L, but it can cause the accumulation in the human body and will eventually cause health effects.

Key words : arsenic, urine, river water, sediment, and groundwater

PENDAHULUAN

Jutaan manusia bisa terpapar Arsenik seperti yang pernah terjadi di Bangladesh, China dan India. Semua batuan mengandung As 1 – 5 ppm. Konsentrasi lebih tinggi ditemukan pada batuan beku dan sedimen. Tanah hasil pelapukan batuan biasanya mengandung As sebesar 0,1 – 40 ppm dengan rata – rata 5 – 6 ppm. Banyak negara lain di Asia, seperti Vietnam, Kamboja, Indonesia dan Tibet, diduga memiliki lingkungan geologi yang serupa dan kondusif untuk menghasilkan air tanah yang mengandung arsenik dalam kadar yang tinggi. Kebanyakan wilayah dengan kandungan arsen tertinggi adalah daerah aluvial yang merupakan endapan lumpur sungai dan tanah dengan kaya bahan organik. Diperkirakan sekitar 200 juta orang meminum air tanah yang terkontaminasi Arsenik berlebih, sehingga berpotensi keracunan. (NRC, 2001). Indonesia pantas waspada akan kajian riset ilmu kebumih yang dipublikasikan dalam *Journal Nature Geoscience* terbaru yang mengungkapkan bahwa kawasan pantai Timur Sumatera ternyata tergolong sebagai titik panas berbahaya: “*hotspots*” daerah dengan kualitas sumber air tanahnya rawan tercemar Arsenik.

Kajian Michael Berg dkk peneliti institusi *Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology di Dubendorf, Swiss* berpatokan atas dasar data model geologi digital pada kawasan Asia Tenggara yang memuat karakteristik geologis dan kimia tanah menyimpulkan terdapatnya sejumlah area di Asia Tenggara yang rawan tercemar “*arsenic contaminations*”, yakni: kawasan delta sungai Irrawady di Myanmar yang baru saja mengalami kerusakan parah terlanda bencana badai *cyclone*, kawasan sepanjang pantai Timur Sumatera di Indonesia seluas 100.000 km persegi, area cekungan sungai Chao Phraya di Thailand.

Belum diketahuinya kadar arsenik dalam urin, air sungai dan sedimen sungai serta air bersih yang dikonsumsi masyarakat di daerah aliran sungai Musi. Apakah ada hubungan karakteristik responden (umur, jenis kelamin, lama tinggal) dan kebiasaan merokok terhadap kadar arsenik dalam urin. Untuk menjawab pertanyaan tersebut, maka dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kadar Arsenik di dalam urin manusia dan kadar Arsenik di daerah aliran sungai Musi tahun 2009.

BAHAN DAN METODE

Desain penelitian adalah *cross sectional* dengan pendekatan kuantitatif. Dalam penelitian ini akan diukur kadar arsenik dalam urin, dalam air sungai, sedimen sungai, air bersih. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini secara acak (*probability sampling*) dengan cara *purposive sampling*.

Sampel adalah air sungai dan sedimen yang diambil dari daerah aliran sungai Musi bagian hulu, tengah dan hilir, dan urin responden yang bertempat tinggal di daerah aliran sungai Musi bagian hulu, tengah dan hilir, dan sampel air minum yang berasal dari air tanah atau air permukaan yang dikonsumsi responden yang bertempat tinggal di daerah aliran sungai Musi. Pengambilan sampel air sungai dan sedimen dengan menggunakan teknik pengambilan sampel lingkungan dengan penentuan lokasi dan titik pengambilan sampel air sungai. Sedangkan untuk pemeriksaan sampel urin manusia dan sampel air minum dengan teknik pengambilan sampel secara nonacak.

Besar sampel ditentukan dengan melihat debit rata – rata tahunan ($m^3/detik$) dan klasifikasi sungai maka sampel air sungai dan sedimen yang diambil di daerah aliran sungai bagian hulu sebanyak 5 sampel air sungai dan 5 sampel sedimen, bagian tengah sebanyak 5 sampel air sungai, 5 sampel sedimen, bagian hilir sebanyak 5 sampel air sungai, 5 sampel sedimen, dan sampel air minum juga diambil pada responden yang bertempat tinggal di daerah aliran sungai bagian hulu sebanyak 5 sampel, bagian tengah 5 sampel dan bagian hilir sebanyak 5 sampel, sedangkan untuk pemeriksaan kadar arsenik pada manusia melalui sampel urine yaitu pada masyarakat yang tinggal di daerah aliran sungai bagian hulu sebanyak 50 responden, bagian tengah sebanyak 50 sampel dan bagian hilir sebanyak 50 responden.

Lokasi penelitian di mulai dari sub DAS bagian hulu sungai yang terletak di Pagar Alam yaitu sungai Selangis, bagian tengah di Muara Enim yaitu sungai Enim, bagian hilir di daerah aliran sungai Musi dengan pengambilan sampel air sungai dan sedimen, sampel air minum dan sampel urin responden yang tinggal di sekitar daerah aliran sungai Musi. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni – Juli tahun 2009.

Pengambilan sampel air bersih (air sumur) dan air sungai. Sampel air diambil dari sumur yang digunakan masyarakat dengan cara menimba (untuk sumur gali). Air sungai diambil dengan menggunakan gayung yang dicuci dengan air sungai tersebut sebelum digunakan. Selanjutnya air dimasukkan kedalam botol polyetilen dan dimasukkan dalam cool box, dibawa ke laboratorium untuk pemeriksaan sampel.

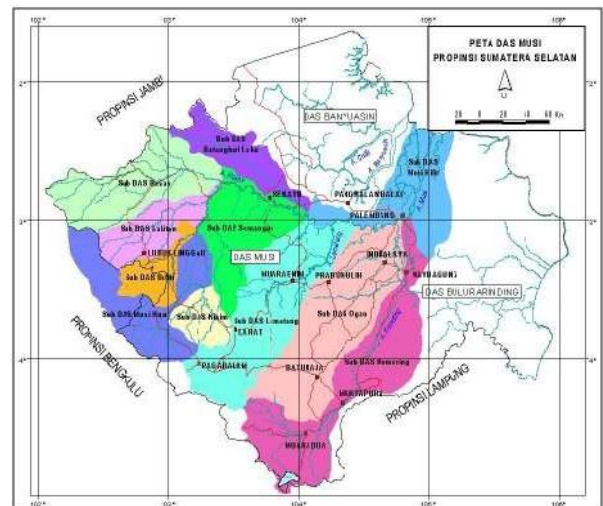
Pengambilan sedimen dilakukan dengan menggunakan sekop untuk daerah hulu dan tengah, sedangkan di daerah hilir dengan menggunakan grat. Sampel dimasukkan dalam plastik dan disimpan dalam cool box, dibawa ke laboratorium untuk pemeriksaan.

Pengambilan sampel urin dilakukan dengan memberikan pot urin kepada responden setelah dilakukan wawancara, kemudian urin yang sudah ditampung dalam pot ditetesi dengan HNO_3 untuk pengawetan, kemudian diperiksa di laboratorium.

Analisa Laboratorium. Setelah responden diwawancarai selanjutnya dilakukan pengambilan sampel urin dan kemudian dilanjutkan dengan pengambilan sampel lingkungan yaitu air sungai, sedimen sungai dan air minum. Kemudian diperiksa dengan menggunakan metode analisa menurut standar SNI 06-6989.54-2005. Sedangkan untuk arsenik dalam sedimen dan urin dengan metode analisa menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer*.

Metode Statistik. Teknik analisa data yaitu univariat dan bivariat dengan uji *Mann - whitney* dan uji korelasi, sedangkan analisis multivariat yaitu **Regresi Linear Ganda (Multiple Regression Linier)** dengan menampilkan nilai R^2 atau *Rsquare*.

HASIL



Tabel 5.1 Distribusi Umur, Lama Tinggal dan Jarak Rumah Responden di Daerah Aliran Sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2006 (n = 130)

Variabel	Mean	Median	SD	Variance	Kisaran
Umur (Tahun)	38,14	36	14,813	219,423	16 – 90
Lama Tinggal (Tahun)	31,7	31	14,383	206,880	1 – 63
Jarak Rumah dari Sungai (meter)	13,94	10	14,020	196,547	1 – 100

Malsuk, 2009

Tabel 5.3 Distribusi Kadar Arsenik dalam Air Sungai dan Sedimen Menurut Daerah Aliran Sungai Musi di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2009

Daerah Aliran Sungai	n	Kisaran rata – rata		Baku Mutu Air Sungai (µg/L)	Baku Mutu Sedimen Sungai (µg/kg)
		Air Sungai (µg/L)	Sedimen (µg/kg)		
Bagian Hulu	5	tt	0,1	0,05 Peraturan Gubernur SUMSEL no. 16 Tahun 2006	0,1-40 (WHO, 2001)
Bagian Tengah	5	tt	0,1		
Bagian Hilir	5	tt	1 – 3		

tt, tidak terdeteksi

Tabel 5.5 Distribusi Kadar Arsenik dalam Urin Komunitas Menurut Daerah Aliran Sungai Musi di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2006 (n=130)

Daerah Aliran Sungai	Mean	Median	SD	Varian	Kisaran (µg/L)	Biological Exposure Index
Bagian Hulu	1,57	0,10	5,20	27,017	0,0 – 31	3,5 µg/L ACGHI 2009
Bagian Tengah	1,02	0,05	4,66	21,709	0,0 – 33	
Bagian Hilir	3,63	0,55	6,21	38,613	0,0 – 21	
Total	2,07	0,10	5,48	29,99	0,0 – 33	

Malsuk, 2005

Hasil analisis pada tabel 5.1 didapatkan bahwa rata - rata umur responden adalah 36 tahun dengan kisaran antara 16 – 90 tahun. Sedangkan rata – rata lama tinggal responden adalah 31,7 tahun, dengan standar deviasi 14,383 tahun dan rata – rata jarak rumah dari sungai adalah 10 meter dengan kisaran antara 1 – 100 meter.

Hasil penelitian pada tabel 5.2 didapatkan bahwa Pada daerah aliran sungai bagian hilir jumlah responden pria yaitu 40%), dan yang perempuan sebanyak 60%. Gambaran pekerjaan responden adalah yang tidak bekerja sebanyak 40,6%, petani 20,7% selebihnya bekerja sebagai pegawai negeri, swasta, pedagang dan buruh. sedangkan jumlah responden yang merokok sebanyak 36% dan yang tidak merokok 64%.

Dari tabel 5.3 hasil pemeriksaan laboratorium kadar arsenik dalam air sungai di daerah aliran sungai Musi bagian hulu, tengah dan hilir untuk tidak terdeteksi. Sedangkan dalam sedimen terdeteksi yaitu dengan kisaran rata – rata 1 – 3 µg/kg.

Tabel 5.2 Distribusi Karakteristik Responden di Daerah Aliran Sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2009

Variabel	Jumlah	Persentase
Jenis Kelamin		
1. Pria	65	44
2. Wanita	84	56
Pekerjaan		
1. Petani	43	28,7
2. PNS	5	3,3
3. Swasta	15	10
4. Tidak Bekerja	61	40,5
5. Pedagang	6	4
6. Buruh	20	13,3
Kebiasaan Merokok		
1. Ya	57	38
2. Tidak	93	62

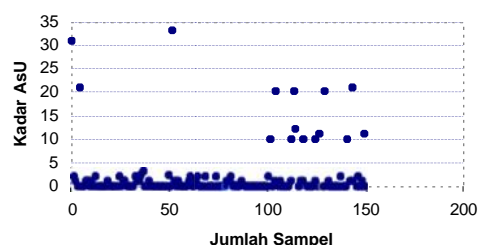
Malsuk, 2009

Tabel 5.4 Distribusi Kadar Arsenik dalam Air Bersih Menurut Daerah Aliran Sungai Musi di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2009

Daerah Aliran Sungai	n	Kisaran rata – rata (µg/L)	Baku Mutu (µg/L)
Bagian Hulu	5	tt	0,05 Pemerkes RI no 416/PER/IX/1990
Bagian Tengah	5	tt	
Bagian Hilir	5	tt	

tt, tidak terdeteksi

Gambar 5.2 Scatter Plots Kadar AsU di DAS Musi



Dari tabel 5.4 hasil pemeriksaan kadar arsenik dalam air bersih (sumur gali) yang dikonsumsi oleh masyarakat di daerah aliran Sungai Musi bagian hulu sampai hilir tidak terdeteksi. Sumber air yang diperiksa di daerah aliran sungai bagian hulu dan tengah yaitu air sumur gali sedangkan pada bagian hilir adalah air yang dipompakan langsung dari Sungai Musi.

Hasil analisis pada tabel 5.5 didapatkan didapatkan rata – rata kadar As dalam urin responden di daerah aliran Sungai Musi bagian hulu adalah 1,57 µg/L, median 0,1 µg/L dengan standar deviasi 5,20 µg/L. Sedangkan pada bagian tengah rata – rata kadar arsenik dalam urin responden adalah 1,02 µg/L, median 0,05 µg/L dengan standar deviasi 4,66 µg/L dan kisaran 0,0 – 33 µg/L. Pada bagian hilir rata – rata kadar As dalam urin responden adalah 3,626 µg/L, median 0,55 µg/L dengan standar deviasi 6,21 µg/L. Pada daerah aliran Sungai Musi dari hulu sampai hilir rata – rata kadar As dalam urin responden adalah 2,07 µg/L, median 0,10 µg/L dengan standar deviasi 5,48 µg/L dengan kisaran 0,0 – 33 µg/L.

Tabel 5.6 Hasil Korelasi Antar Variabel Independen di Daerah Aliran Sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2009

<i>Spearman's rho</i>	Umur (Tahun)	Lama Tinggal (Tahun)	Jarak Rumah (meter)	As U ($\mu\text{g/L}$)
Umur (Tahun)	1	0,675**	0,120	0,191
Lama Tinggal (Tahun)	0,675**	1	0,407**	0,225
Jarak Rumah (meter)	0,120	0,407**	1	-0,029
As U ($\mu\text{g/L}$)	0,191	0,225	-0,029	1

** Korelasi signifikan pada level 0,01

* Korelasi signifikan pada level 0,05

Maksuk, 2009

Tabel 5.7 Distribusi Rata-rata Kadar Arsenik Menurut Karakteristik Responden di Daerah Aliran Sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2009 (n = 193)

Variabel	Mean	SD	n	p value
Jenis Kelamin				
1. Laki-laki	3,46	7,06	66	0,0005
2. Perempuan	0,58	3,47	84	
Pekerjaan				
1. Petani	2,08	5,48	44	0,005
2. Bukan Petani	2,67	3,46	106	
Kebiasaan Merokok				
1. Ya	3,52	7,44	57	0,0005
2. Tidak	1,19	3,57	93	

Maksuk, 2009

Adnan - Widyapriya

Tabel 5.8 Distribusi Rata-rata Konsentrasi Arsenik Menurut Daerah Aliran Sungai Musi di Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2009

Daerah Aliran Sungai	n	Mean	SD	Kisaran	p value
As dalam Air Sungai ($\mu\text{g/L}$)	15	0,00	0,00	0,00 - 0,00	1
As dalam Sedimen ($\mu\text{g/kg}$)	15	0,6	0,87	0,1 - 3	0,001
As dalam Air Bersih ($\mu\text{g/L}$)	15	0,00	0,00	0,00 - 0,00	1
As dalam Urin ($\mu\text{g/L}$)	150	2,073	5,4760	0,0 - 33	0,174

Maksuk, 2009

Kruskal-Wallis Test

Pada tabel 5.6 Hasil analisis hubungan antara umur dengan kadar As dalam urin di daerah aliran Sungai Musi menunjukkan hubungan yang lemah ($r = 0,239$) dan berpola positif artinya semakin tua umur semakin tinggi kadar Arsenik - nya. Hasil uji statistik ada hubungan antara umur dengan kadar As dalam urin ($p=0,003$).

Sedangkan hubungan lama tinggal dengan kadar As dalam urin di daerah aliran Sungai Musi menunjukkan hubungan yang lemah ($r = 0,243$) dan berpola positif artinya semakin lama tinggal di sekitar daerah aliran sungai semakin tinggi kadar Arsenik - nya. Hasil uji statistik yang didapat ada hubungan antara lama tinggal dengan kadar As dalam urin ($p=0,003$). Hasil analisis hubungan antara jarak rumah dengan kadar As dalam urin di daerah aliran sungai menunjukkan hubungan yang lemah ($r = 0,065$) dan berpola negatif artinya semakin jauh jarak rumah dengan aliran sungai semakin rendah kadar Arsenik - nya. Hasil uji statistik tidak ada hubungan antara jarak rumah dengan kadar As dalam urin ($p=0,431$).

Pada tabel 5.7 di daerah aliran Sungai Musi dari hulu sampai hilir rata - rata kadar As responden laki - laki adalah $3,47 \mu\text{g/L}$ dengan standar deviasi $7,06 \mu\text{g/L}$. Sedangkan untuk responden wanita rata - rata kadar As sebesar $0,98 \mu\text{g/L}$ dengan standar deviasi $3,47 \mu\text{g/L}$. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p = 0,0005$, maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan rata - rata kadar As antara laki - laki dan wanita.

Pada tabel 5.7 didapatkan bahwa rata - rata kadar As responden yang bekerja sebagai petani adalah $2,07 \mu\text{g/L}$ dengan standar deviasi $5,73 \mu\text{g/L}$. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p = 0,005$, berarti pada alpha 5% terlihat ada perbedaan rata - rata kadar As antara yang bekerja sebagai petani dan bukan petani. Pada daerah aliran sungai Musi dari hulu sampai hilir rata - rata kadar As responden yang merokok adalah $3,52 \mu\text{g/L}$ dengan standar deviasi $7,44 \mu\text{g/L}$. Hasil uji statistik didapatkan nilai $p = 0,0005$, berarti pada alpha 5% terlihat ada perbedaan rata - rata kadar As antara yang merokok dan tidak merokok.

Tabel 5.9 Model Akhir Multiple Linear Regression antara Variabel Independen dengan Kadar Arsenik dalam Urin pada Komunitas di DAS Musi Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2009

Variabel	B	Beta (Standardized Coefficient)	p value
Umur	**	**	**
Jenis Kelamin	-2,487	-0,226	0,005
Pekerjaan	**	**	**
Lama Tinggal	**	**	**
Jarak Tempat Tinggal	**	**	**
Kebiasaan Merokok	**	**	**
Constant	5,952		
Statistic Multiple R	0,226		
R Square	0,051		
Adjusted R Square	0,045		
Anova Test	0,005		

Maksuk, 2009

Tanda asterik (*) berarti variabel independen masuk model dengan nilai $p < 0,05$, tanda ** berarti signifikan

Dari tabel 5.8 didapatkan gambaran bahwa rata - rata kadar Arsenik dalam air sungai adalah 0,0 atau tidak terdeteksi, dan nilai $p = 1$. Ini berarti bahwa tidak ada perbedaan rata - rata kadar arsenik dalam air sungai di daerah aliran Sungai Musi dari hulu, tengah dan hilir. Sedangkan rata - rata kadar Arsenik dalam sedimen sungai adalah $0,6 \mu\text{g/kg}$ dengan kisaran $0,1 - 3 \mu\text{g/kg}$, dan nilai $p = 0,001$. Ini berarti bahwa ada perbedaan rata - rata kadar arsenik dalam sedimen sungai di daerah aliran Sungai Musi dari hulu, tengah dan hilir.

Sedangkan rata - rata kadar Arsenik dalam air bersih adalah $0,00 \mu\text{g/L}$ dengan kisaran $0,00 - 0,00 \mu\text{g/L}$, dan nilai $p = 1$. Ini berarti bahwa tidak ada perbedaan rata - rata kadar arsenik dalam air bersih di daerah aliran Sungai Musi dari hulu, tengah dan hilir. Rata - rata kadar As dari daerah aliran sungai hulu, tengah dan hilir tidak terdapat perbedaan secara signifikan ($p \text{ value} = 0,174$).

Pada tabel 5.9 hasil analisis model akhir pada daerah aliran sungai Musi bagian hulu, tengah dan hilir variabel yang menjadi prediktor dalam menentukan kadar As dalam urin adalah variabel kebiasaan merokok. Dimana koefisien determinasi (*Adjusted R square*) menunjukkan nilai $0,045$ artinya bahwa model regresi yang diperoleh dapat menjelaskan 4,5% variasi kadar As dalam urin. Hasil uji Anova menunjukkan nilai $p = 0,005$ atau $< \alpha$, berarti pada alpha 5% kita dapat menyatakan bahwa model regresi cocok (fit) dengan data yang ada, atau dapat diartikan variabel tersebut signifikan untuk memprediksi variabel kadar As dalam urin.

Rata - rata kadar Arsenik dalam urin adalah $2,07 \mu\text{g/L}$ dengan kisaran $0,00 - 33 \mu\text{g/L}$, dan nilai $p = 0,174$. Ini berarti bahwa tidak ada perbedaan rata - rata kadar arsenik dalam urin di daerah aliran Sungai Musi dari hulu, tengah dan hilir.

PEMBAHASAN

Hubungan Umur dengan Kadar As dalam Urin

Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Rebecca L. Calderon *et.al* (1999) yang menunjukkan bahwa variabel umur berhubungan secara signifikan dengan Eksresi Arsenik dalam Urin pada paparan Arsenik dalam Air Minum di Amerika, dimana nilai p value = 0,01. Penelitian Hopenhayn - Rich C *et.al* (1996) tentang Studi Methilasi pada Populasi yang Air Minumnya Terpapar Arsenik di San Pedro dan Toconao dengan jumlah responden 220 responden, juga menyatakan bahwa ada hubungan umur dengan kadar As anorganik dalam urin.

Namun bertambahnya umur seseorang tidak dapat dijadikan tolak ukur terdeteksinya As dalam urin. Sebab lain terdeteksi adanya As dalam urin responden pada daerah aliran sungai Musi bukan hanya disebabkan oleh air minum dan air sungai yang dikonsumsi masyarakat di sekitar aliran Sungai Musi, mungkin disebabkan oleh penggunaan pestisida yang banyak di gunakan masyarakat untuk pertanian, dan kemungkinan juga tanah di daerah tersebut mengandung arsenik akibat aktivitas pertanian

Hubungan Jenis Kelamin dengan Kadar As dalam Urin

Penelitian ini tidak sejalan dengan hasil penelitian Hopenhayn *et.al* (1996) tentang Studi Methilasi pada Populasi yang Air Minumnya Terpapar Arsenik di San Pedro dan Toconao dengan jumlah responden 220 responden. Pada penelitian ini ada variabel yang diteliti yaitu : jenis kelamin nilai p = 0,43, dan untuk analisis dengan menggunakan multipelel regresi linier jenis kelamin tidak masuk sebagai kandidat model dimana nilai p > 0,05. Penelitian Rebecca *et.al* (1999), tentang Eksresi Arsenik dalam Urin pada paparan Arsenik dalam Air Minum di Amerika juga meyakini bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara jenis kelamin dengan ekskresi As dalam urin, dimana nilai p value = 0,50. Chiho Watanabe, *et.al* 2001 juga menyatakan bahwa di Bangladesh deteksi arsenik pada wanita sebesar 2,1 µg/g creatinin dan laki – laki 2,4 µg/ g creatinin.

Menurut *National Poisoning Data System* (NPDS), (2007), laki – laki yang bekerja di industri lebih banyak terpapar arsenik dibandingkan wanita. Berdasarkan hasil penelitian yang ada, maka pendapat peneliti adalah perbedaan rata – rata kadar As dalam urin laki – laki dan perempuan disebabkan oleh laki – laki lebih banyak yang bekerja seperti di industri, sebagai petani sehingga lebih sering terpapar pada bahan – bahan kimia yang di duga mengandung logam arsenik. Ini terjadi karena sebagian besar masyarakat yang berada di daerah aliran sungai Musi khususnya bagian hulu dan tengah bekerja sebagai petani, dan yang bekerja sebagian besar adalah laki – laki, selain itu juga terdeteksinya kadar arsenik dalam urin laki – laki disebabkan oleh karena laki – laki lebih banyak yang merokok dibandingkan perempuan.

dilakukan. Rata – rata intake arsen (As) yang berasal dari makanan masyarakat Amerika mencapai 62 µg/hari, New Zealand 55 µg/hari, Inggris 88 µg/hari, Swedia sebesar 15 – 45 µg/hari dan masyarakat Belgia mengkonsumsi makanan yang mengandung Arsenik sebesar 12 µg/hari. Konsentrasi arsenik pada plankton cukup tinggi. Jika masuk dalam makanan dan melalui biomagnifikasi, pada akhirnya arsenik bisa ditemukan pada tubuh manusia (Lasut, 2001).

Ahsan, Habibul MD; Perrin, Mary MPH; *et.al* (2000), menyatakan bahwa studi asosiasi antara air minum dan kadar Arsenik dan lesi kulit pada 167 rumah di tiga daerah di Bangladesh.

36 responden (21,6%) mempunyai lesi kulit (melanosis, hiperkeratosis, atau keduanya), dari 13 responden (36,1%) terjadi pada responden yang minum air mengandung konsentrasi arsenik < 50 µg/L. Resiko dari lesi kulit pada paparan hubungannya dengan paparan diduga urinya mengandung arsenik, dengan *odds - ratio* 3 kali antara tertinggi dan terendah pada kuartil 3,6 (95% *confidence interval*, 1,2 - 12,1) untuk total arsenik dan 3,2 (95% *confidence interval*, 1,1 – 10,0) untuk *urinary creatinine-adjusted total arsenic*. Resiko untuk lesi kulit dalam hubungannya dengan paparan di duga akibat paparan Arsenik dalam air minum, dengan *odds ratios* untuk yang tertinggi dan terendah kuartil paparan menjadi 1,7 (95% *confidence interval*, 0,6 – 5,1) untuk arsenik dalam air minum dan 2,3 untuk *cumulative arsenic index*. Kesimpulan dari studi hubungan paparan arsenik dengan lesi kulit mungkin sebagai prediktor kuat dari lesi kulit pada populasi di Bangladesh daripada arsenik dalam air minum masyarakat.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa penyebab tidak terdeteksinya arsenik pada air sungai dan air bersih disebabkan oleh sifat dari logam berat adalah tidak melayang – layang di air akan tetapi lebih cenderung untuk mengendap ke bawah, dan juga disebabkan oleh karena kandungan organik, muatan padat tersuspensi, ion sulfat dan fosfat cukup tinggi dalam air, sehingga mengikat logam berat yang masuk sungai dan mengendap ke dasar sungai. Sebagian besar arsenik dibebaskan ke air melalui proses alami saat perubahan cuaca serta kegiatan industri, pencucian tanah dan aktivitas penduduk urban. Terdeteksinya kadar arsenik dalam sedimen sungai di daerah aliran sungai Musi disebabkan oleh proses alamiah dari alam karena kadar arsenik di sedimen sungai kadarnya relatif rendah. Selain itu tingginya kadar arsenik disebabkan oleh limbah atau akibat pertambangan.

Hubungan Pekerjaan dengan Kadar Arsenik dalam Urin

Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Altug (2003) dimana petani akan terpapar pestisida lebih sering dibandingkan dengan yang tidak bekerja sebagai petani. Menurut Altug (2003), arsenik juga digunakan secara luas dalam bidang pertanian antara lain sebagai pestisida, herbisida dan soil sterilants sehingga tanah pertanian terpapar As dalam konsentrasi tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian yang ada, pendapat peneliti bahwa rata – rata masyarakat pada daerah aliran sungai bagian hulu dan tengah bekerja sebagai petani dimana mereka terpapar pestisida, herbisida. Ini terjadi karena pencemaran As terhadap bahan pangan meningkat apabila penggunaan As di bidang pertanian meningkat. Pestisida dan herbisida ini dapat mencemari tanah dari tanah akan masuk ke air dan bahan makanan dan pada akhirnya masuk ke dalam tubuh manusia melalui pencernaan. Namun penelitian mengenai kandungan dalam logam berat khususnya As dalam pestisida atau herbisida masih jarang sekali dilakukan.

Hubungan Lama Tinggal dengan Kadar Arsenik dalam Urin

Penelitian – penelitian mengenai hubungan lama tinggal dengan kadar As dalam urin belum banyak dilakukan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan hasil penelitian, dan data yang mendukung untuk variabel ini belum ditemukan.

Berdasarkan hasil penelitian, maka pendapat peneliti adalah lama tinggal bukan merupakan faktor penentu yang dominan dalam menentukan kadar As dalam urin. Hal ini dapat dipahami karena jika hanya dari lamanya tinggal di daerah aliran sungai tanpa memperhitungkan kadar As dalam air minum atau air sungai serta bahan makanan yang dikonsumsi masyarakat tidak dapat menentukan adanya kadar As dalam urin. Hal ini juga disebabkan air minum dan air sungai yang digunakan masyarakat tidak dideteksi adanya As, jadi meskipun mereka sudah lama tinggal di daerah aliran sungai dalam urinya kebanyakan tidak terdeteksi arsenik dan juga singkatnya waktu paruh arsenik dalam tubuh juga ikut mempengaruhi terdeteksinya arsenik dalam urin.

Hubungan Jarak Rumah dari Sungai dengan Kadar As dalam Urin

Penelitian ini tidak sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hopenhayn - Rich C *et.al* (1996) tentang Studi Methilasi pada Populasi yang Air Minumnya Terpapar Arsenik di San Pedro dan Toconao dengan jumlah responden 220 responden. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa jarak rumah berhubungan secara signifikan dengan konsentrasi urin dimana nilai $p = 0,01$.

Penelitian berbeda dilakukan oleh Ulrich, R. & Miskovic *et.al* (2003) dalam penelitian tentang asosiasi antara paparan arsenik dari suatu tambang batubara – pembangkit listrik dan konsentrasi arsenik dalam urin di Prievdza, Slovakia menyatakan bahwa konsentrasi arsenik dalam tanah dan bermacam – macam debu rumah tangga berhubungan secara signifikan dengan jarak rumah dari pembangkit listrik. Dengan jarak 5 km dari pembangkit, rata – rata arsenik dalam tanah adalah 40,6 µg/g; dan 23,0 µg/g pada jarak 6-10 km dan 19,8 µg/g pada jarak > 10 km. Konsentrasi arsenik dalam tanah dan rumah tangga berhubungan secara signifikan ($r = 0,33$; $p < 0,001$), asosiasi antara As dalam urin dengan jarak rumah dan konsentrasi As dalam tanah mempunyai hubungan yang signifikan, tetapi nilai koefisien korelasilemah.

Berdasarkan hasil penelitian yang ada, maka pendapat peneliti bahwa tidak ada hubungan antara jarak rumah dengan kadar As dalam urin. Kondisi ini menggambarkan semakin dekat jarak tempat tinggal dengan daerah aliran sungai maka sumber air bersih akan semakin mudah tercemar akibat resapan kadar arsenik yang ada dalam air sungai dan sedimen sungai. Akan tetapi hal ini belum dapat dibuktikan secara statistik dan hasil pemeriksaan laboratorium bahwa dalam air bersih dan air sungai arsenik tidak terdeteksi, dan dalam sedimen terdeteksi dalam batas aman. Selain itu juga seperti diketahui bahwa sifat logam adalah mengendap jadi walaupun masyarakat menggunakan air tersebut apabila diendapkan terlebih dahulu baru kemudian dimasak maka logam yang ada dalam air tersebut tidak ikut terminum.

Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Kadar Arsenik dalam Urin

Selain unsur-unsur yang lazim dikenal dalam sebatang rokok, seperti nikotin dan tar, terdapat juga logam-logam berat seperti arsenik, kadmium, dan timbal yang telah terdeteksi dalam asap rokok.

Rokok yang sedang terbakar menghasilkan lebih dari 4000 zat kimia; banyak diantaranya yang bersifat toksik dan sekitar 40 menyebabkan kanker. Senyawa-senyawa ini tetap berada di udara sebagai asap tembakau lingkungan yang dihirup oleh orang lain di kawasan tersebut. Ada dua tipe asap rokok, yaitu: asap rokok utama yang keluar dari mulut perokok dan asap sampingan yang berasal dari ujung rokok yang terbakar.

Ketika meneliti logam-logam berat dalam asap rokok sampingan, para peneliti di perusahaan rokok Philip Morris, Amerika Serikat, menemukan tumpukan arsenik dalam cerobong asap yang digunakan dalam tahap pertama pada peralatan mereka.

Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hopenhayn *et.al* (1996) tentang Studi Methilasi pada Populasi yang Air Minumnya Terpapar Arsenik di San Pedro dan Toconao dengan jumlah responden 220 responden. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kebiasaan merokok berhubungan secara signifikan dengan konsentrasi urin dimana nilai $p = 0,018$.

Berdasarkan hasil penelitian yang ada, maka pendapat peneliti bahwa perbedaan yang signifikan kadar rata – rata As dalam urin adalah disebabkan oleh kandungan bahan kimia dalam rokok itu sendiri salah satunya mengandung logam arsenik. Walaupun kadar As dalam urin perokok masih dibawah batas aman, lama kelamaan akan terakumulasi dalam tubuh si perokok, dan dalam paparan yang panjang (*long term exposure*) dapat menimbulkan efek gangguan kesehatan. Dalam penelitian ini tidak dilakukan analisis kandungan bahan kimia, logam berat As karena keterbatasan peneliti menentukan karakteristik rokok yang menentukan bahan kimia asap rokok tersebut.

Kadar Arsenik pada Air Sungai, Sedimen Sungai dan Air Bersih

Berdasarkan hasil penelitian WALHI, teluk buyat Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara merupakan pembuangan limbah tailing (lumpur sisa penghancuran batu tambang PT. Newmont Minahasa Raya) sejak tahun 1996. Sebanyak 2000 ton limbah tailing dibuang ke dasar perairan Teluk Buyat setiap hari. Oleh karena itu, itu konsentrasi As di mulut pipa tailing meningkat 5 – 70 kali lipat. Pencemaran sedimen di dasar Teluk Buyat mencapai 666 mg/g sehingga di kategorikan tercemar berdasarkan acuan data kelautan ASEAN (*ASEAN Marine Guideline*) yang seharusnya hanya sebesar 30–50 mg/g, yang melampaui standar baku Amerika Serikat, Kanada dan Selandia Baru.

Hasil penelitian Evan Edinger – Memorial University of Newfoundland tahun 2004 menemukan kandungan As tertinggi pada sedimen tepat di ujung pipa pembuangan Teluk Buyat. Konsentrasi As menurun dengan semakin jauhnya jarak dari ujung pipa.

Menurut Hoosier Energy, (2006), Sebagian besar As dibebaskan ke air melalui proses alami saat perubahan cuaca serta kegiatan industri, pencucian tanah dan aktivitas penduduk urban. Agar diketahui kadar Arsenik dalam air bersih, air sungai melebihi baku atau tidak, maka perlu dibandingkan dengan beberapa peraturan antara lain : menurut Peraturan Gubernur Sumsel no. 16 tahun 2005, baku mutu kadar arsenik dalam air sungai yaitu 0,05 mg/L, sedangkan menurut Permenkes RI No. 416 tahun 1990 baku mutu kadar Arsenik untuk air bersih adalah 0,05 mg/L, dan untuk sedimen baku mutu 0,1 – 40 µg/kg (*Normal concentration of Metal in Sedimen/Soil, Pett, J., and Eduljee, G., 1994*) dan menurut WHO (2001) kadar Arsenik dalam sedimen atau tanah adalah 1 – 40 mg/g. Bila dibandingkan dengan kadar arsenik di daerah aliran Sungai Musi bagian hulu, tengah dan hilir masih berada dibawah bakumutu.

Hasil Survei Nasional yang dilakukan oleh *British Geological Survey* dan Departemen Kesehatan, Bangladesh. (BGS dan DPHE, 2001), 27% dari sumur – sumur dangkal di Bangladesh yang digunakan sebagai air minum dengan standard 50 µg/L, yang terpapar diperkirakan sebanyak 33 juta orang yang potensial beresiko terpapar arsenik dalam sumber air minum mereka. Eksposur kronik pada Arsenik meningkatkan resiko penyakit seperti : *noncancerous skin lesions*, bronchitis, hepatomegali, neuropati, *peripheral vascular diseases* (seperti : gangrene), penyakit kardiovaskular, kanker kulit, kanker paru, dan kanker kandung empedu (Chen dan Ahsan, 2004; Chowdhury *et.al*, 2000; Mazumder, 2003; McLellan, 2002; Smith *et.al*, 1998).

Deshpande (2002), menyatakan bahwa selain kontaminasi As pada air minum, juga ditemukan kontaminasi As dalam tubuh manusia berasal dari air, tanah, udara dan bahan pangan, baik yang berasal dari kandungan alami maupun proses pengolahan.

Kadar As dalam Urin

Menurut Kloassan *et.al* (1986), toksisitas arsenik pada manusia bisa diamati menggunakan indikator biologis antara lain dalam urin, darah, kulit, rambut dan kuku. Jadi sampai saat ini pengujian konsentrasi arsenik dalam urin telah digunakan secara konvensional sebagai paparan arsenik dari pekerjaan. (WHO, 2002) Konsentrasi total arsenik dalam urin sering digunakan sebagai indikator dari paparan arsenik karena urin adalah rute utama dari ekskresi jenis arsenik (Buchet *et.al*, 1981; Vahter, 1994). Waktu paruh arsenik anorganik dalam tubuh manusia adalah sekitar 4 hari atau 65% - 95 % arsenik diekskresi melalui urin dalam 5 hari. Paparan arsenik dalam urin untuk paparan yang singkat atau lebih bersifat akut. Konsentrasi arsenik dalam urin merupakan indikator arsenik pada jangka pendek (*short term exposure*), sedangkan untuk paparan jangka panjang (*long term exposure*) rambut yang digunakan sebagai indikator. Namun demikian, pengujian arsenik di rambut tidak dapat membedakan arsenik yang terakumulasi dari tubuh dengan arsenik yang menempel ke rambut dari luar tubuh. (WHO, 2002) Sibbald, (2002), menyatakan bahwa sumber lain yang menyebabkan kadar arsenik dalam urin tidak hanya berasal dari sumber air minum saja tetapi ada bermacam – macam sumber alternatif seperti ; pada pekerja peleburan logam, pekerja pertanian, bahan makanan, hasil penelitian di 10 daerah yang berbeda menunjukkan 94% sampel urin mengandung arsenik melebihi normal, 95% sampel kuku mengandung arsenik, dan 96% sampel rambut mengandung arsenik.

Arsenik yang masuk ke dalam peredaran darah dapat ditimbun dalam organ seperti hati, ginjal, otot, tulang, kulit dan rambut. Arsenik trioksida yang dapat disimpan di kuku dan rambut dapat mempengaruhi enzim yang berperan dalam rantai respirasi, metabolisme glutathione ataupun enzim yang berperan dalam proses perbaikan DNA yang rusak. Didalam tubuh arsenik bervalensi lima dapat berubah menjadi arsenik bervalensi tiga. Hasil metabolisme dari arsenik bervalensi 3 adalah asam dimetil arsenik (DMA) dan asam mono metil arsenik (MMA) yang keduanya dapat diekskresi melalui urin. Menurut Del Razo LM, (1997) menyatakan bahwa paparan kronik terhadap arsenik secara kronik didapatkan bahwa pada daerah kontrol kadar arsenik dalam urin (As_{tot} 12 – 104 µg creatinin) dan daerah terpapar (As_{tot} 0,456 – 1,981 µg/g creatinin), hal ini disebabkan oleh individu yang mengkonsumsi air minum yang mengandung konsentrasi arsenik yang tinggi. Sedangkan menurut Uttam et.al (1999) menyatakan kadar arsenik di urin masyarakat Bengal Barat adalah 10 – 3.147 µg/L dan di Bangladesh adalah 24 – 3.086 µg/L, hal ini akibat pada paparan arsenik dalam air tanah yang dikonsumsi masyarakat.

Menurut situs *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR), sebenarnya tubuh manusia punya mekanisme untuk mengatasi paparan arsenik dalam jumlah kecil. Hati akan mengubahnya menjadi bentuk yang tidak merusak dan dalam beberapa hari dibuang lewat urine. Memang masih ada sedikit sisa yang mungkin menetap dalam tubuh selama beberapa bulan, bahkan lebih lama. Namun, ini menjadi berbahaya bila tubuh terus-menerus terpapar arsenik, apalagi dalam jumlah besar.

Paling banyak arsenik anorganik dieliminasi terutama melalui ginjal dan dieliminasi sekitar 75% dalam urine dan beberapa persen dalam faeces selama hari pertama atau minggu pertama.

Berdasarkan hasil penelitian, maka peneliti berpendapat bahwa rendahnya kadar arsenik dalam urin mungkin disebabkan tubuh manusia punya mekanisme untuk mengatasi paparan arsenik dalam jumlah kecil. Hati akan mengubahnya menjadi bentuk yang tidak merusak dan dalam beberapa hari dibuang lewat urin dalam waktu 4 – 5 hari. Singkatnya waktu paruh biologis pada manusia ini pula menyebabkan As kurang terdeteksi dalam urin. Namun demikian apabila logam As ini berada dalam jangka waktu yang cukup lama dalam tubuh (*long term exposure*) maka akan terakumulasi dalam target organ tubuh. Sehingga akan menimbulkan efek gangguan kesehatan manusia yang bersifat karsinogenik, mutagenik dan teratogenik dan toksisitasnya dapat bersifat akut dan kronik. Paparan kronik pada Arsenik meningkatkan resiko penyakit seperti lesi pada kulit, bronchitis, hepatomegali, neuropath, peripheral vascular diseases (seperti : gangrene), penyakit cardiovascular, kanker kulit, kanker paru, dan kanker empedu. Terdeteksinya arsenik dalam urin ini juga bukan hanya disebabkan oleh air minum, air tanah dan air sungai yang mengandung arsenik, tetapi juga disebabkan oleh bahan makanan dan bahan lain yang mungkin mengandung arsenik melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium kadar arsenik dalam air sungai dan air minum di daerah aliran sungai bagian hulu, tengah dan hilir tidak terdeteksi adanya arsenik, sedangkan dalam sedimen sungai kadar arsenik ditemukan dengan kisaran 01 – 3 µg/kg, dan nilai tersebut masih dibawah baku mutu (0,1 – 40 µg/kg). Di daerah aliran sungai bagian hulu, tengah dan hilir kadar arsenik dalam urin masyarakat yang berada di daerah aliran Sungai Musi ditemukan dengan kisaran 0,0 – 33 µg/L tetapi masih berada dibawah nilai *Biological Exposure Indices* (BEIs : 35µg/L).

Pada paparan yang singkat arsenik akan diekskresikan melalui urin. Walaupun kadar arsenik dalam urin masih berada dibawah nilai indeks pemantauan biologis, hal ini dapat menyebabkan akumulasi dalam tubuh manusia apabila terpapar dalam jangka waktu yang lama (*long term exposure*) dan lama kelamaan akan menimbulkan efek gangguan kesehatan.

Dari perhitungan bivariat pada daerah aliran sungai Musi bagian hulu dan tengah, dengan uji korelasi antar variabel umur, lama tinggal, jarak tempat dan jarak rumah dengan kadar arsenik dalam urin hanya variabel umur yang mempunyai hubungan yang bermakna. Dari perhitungan bivariat pada semua daerah aliran Sungai Musi bagian hulu, tengah dan hilir dengan uji t variabel jenis kelamin dan kebiasaan merokok dengan kadar arsenik dalam urin didapatkan bahwa ada perbedaan rata – rata kadar arsenik dalam urin. Adanya perbedaan ini dilihat dari rata – rata nilai kadar arsenik dalam urin lebih tinggi laki – laki dibandingkan wanita, hal ini disebabkan laki – laki lebih banyak yang merokok dibandingkan wanita. Dari hasil uji *multiple linier regression* variabel jenis kelamin merupakan faktor paling berpengaruh dalam menentukan kadar arsenik,

SARAN

Adapun saran yang dapat peneliti berikan adalah : perlu peningkatan upaya pemantauan kualitas air sungai dan sedimen sungai, air minum, air bersih yang digunakan masyarakat secara berkala untuk kadar arsenik, dan juga pemetaan pemantauan biologis (biomonitoring) bagi masyarakat yang diduga terpapar arsenik, sehingga didapatkan data dasar mengenai kandungan logam arsenik dalam urin masyarakat. Perlu dilakukan promosi kesehatan bagaimana cara pengolahan air bersih kepada masyarakat terutama yang bekerja sebagai petani agar tidak langsung mengkonsumsi air dari sungai dan air sumur, tetapi harus diendapkan terlebih dahulu setelah itu baru dimasak. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang kadar Arsenik tidak hanya dalam urin tetapi dalam darah, kuku dan rambut untuk paparan jangka panjang, dan juga perlu ditambah variabel dalam penelitian seperti variabel bahan makanan, tanah, udara dan lain – lain untuk membuktikan adanya kadar arsenik dalam tubuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penulisan penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Amar Muntaha, SKM, M.Kes dan Prof. Tan Malaka, dr.MOH,DRPH,Sp.OK,HIU sebagai pembimbing yang telah memberikan bimbingan selama penulisan tesis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Palembang, Dinas Kesehatan Kota Pagar Alam, Kabupaten Muara Enim, dan Kota Palembang.

REFERENSI

- Asdak, C 1995, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press.Yogyakarta.
- Alaerts, G.J., & Khouri, N 2001, *Strategies to mitigate arsenic contamination of water supply*, The World Bank, Washington, DC, USA.
- Achmad, R 2004, *Kimia Lingkungan*, Universitas Negeri Jakarta.Arikunto, Suharsini 2006, *Prosedur Penelitian*.PT. Rineka Cipta,Jakarta.
- Ahmad SA, et al. 2001, 'Arsenic in Drinking Water and Pregnancy Outcomes', *Environ Health Perspect* vol. 109, pp. 629-631.
- ATSDR.2000, *Toxicological Profile for Arsenic*, Update. Atlanta, GA:Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- ACGIH 2009, *Threshold Limit Values and Biological Exposure indices for 2009*, Am Conf.Gov Industrial Hygiene, Cincinnati, Ohio.
- Afifi, A.A. , and Virginia Clark 1990, *Computer – Aided Multivariate Analysis*. Edisi II. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- Berry, WD. , and Stanley Feldman 1985, *Multiple Regression in Practice*. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences, A Sage University Paper No. 50, Newbury Park: The International Professional Publishers.
- Birmansyah 2008, *Sebaran unsur Timbah (Pb) dan Chrom (Cr) dalam Sedimen di DAS Musi*, Tesis : UNSRI, Palembang.
- .Chuan – De Gao and Zhi – Min Wang 1986, 'Analysis of The Source of Arsenic in The Yellow River and Its Relation to Sediment', *IAHS Publ.* vol. 156, pp. 249 – 255.

- Calderon RL 1999, 'Excretion of Arsenic in Uurine as a Function of Exposure to Arsenic in Drinking Water', *Environ Health Perspect* vol. 107, pp. 663-667.
- Chowdhury, et. al 2000, 'Grounwater Arsenic Contamination in Bangladesh and West Bengal, India', *Environ Health Perspect* vol. 108, pp. 393-397.
- Crecelius EA, et.al 1986, 'Determination of arsenic species in limnological samples by hydride generation atomic absorption spectroscopy', In: Speciation of Selenium and Arsenic in Natural Waters and Sediments, Vol 2: Asenic Speciation. EA-4641.Project 20202. Palo Alto, CA:Electric Power Research Institute, 1-28.
- Dahlan Sopiudin 2008, *Statistik Kedokteran dan Kesehatan*, Salemba Medika, Jakarta
- De Burbure C et al. 2006, 'Renal and neurologic effects of cadmium, lead, mercury, and arsenic in children: evidence of early effects and multiple interactions at environmental exposure levels', *Environ Health Perspect* vol. 114, pp. 584-590.
- .Del Razo LM., et.al 1999,'Interference Methylated Arsenic Species in Human Urine', *J Anal Toxicol* vol. 23, pp. 103-107.
- Del Razo LM 2005, 'Urinary trivalent methylated arsenic species in a population chronically exposed to inorganic arsenic', *Environ Health Perspect*.
- Hopenhayn et al 1996, 'Methilation Study of a Population Environmentally Exposed to Arsenic in Drinking Wate r', *Environ Health Perspect* vol. 104, pp. 620 – 628
- Hasiono, SP 2001, *Analisis Data*, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Haque R, et. al 2003, 'Arsenic in Drinking Water and Skin Lessions:Dose-Response Data from West Bengal India', *Epidemillogy* vol. 14, no. 2.
- Hasiono, SP 2006, *Analisis Multivariat*, Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hadi, A 2007, *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*, PT. Gramedia Pustaka Utama,Jakarta.
- Hall, AH 2002, 'Chronic Arsenic Poisoning', *Toxicol Let* vol. 128, pp. 69-72.
- Hsieh, I. Fang et al 2008, 'Risk of Erectile Dysfunction Induced by Arsenic Exposure Through Well Water Consumption in Taiwan', *Environ Health Perspect* vol. 116, pp. 532– 536
- Hughes & Michael, F 2006, 'Biomarkers of exposure: a case study with inorganic arsenic', *Environ Health Perspect* vol. 114, pp.790-1796
- IPCS 1981, 'Arsenic. Geneva', World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria18).
- IPCS 2001, 'Arsenic and arsenic compounds' , Geneva, World Health Organization, *International Programme on ChemicalSafety* (Environmental Health Criteria 224).
- Johnson, C.,& Mitchell, T 2007, 'An Evaluation of Potential Associations between Arsenic Concentrations in Ground Water and 2000 – 2004 Cancer Incidence Rates in Idaho by Zip Code' , Dept. of Environmental Quality and CDRI.
- Kile, L.M et.al 2007,'Dietary Arsenic Exposure in Bangladesh' , *Environ Health Perspect* vol. 115, pp. 889 – 893.
- Kusnoprutanto, H 1995, *Toksikologi Lingkungan*, Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia dan PPSML, Jakarta
- Lamesshow, S. 1997, *Besar Sampel Dalam Penelitian Kesehatan*, Penerbit : Gadjah Mada University Press, Jakarta.
- Lamesshow, S & Hosmer, W.D 1989, *Applied Logistic Regression*.
- Minamoto K, et. al 2005., 'Arsenic-contaminated water and extent of acute childhood malnutrition (wasting) in rural Bangladesh,' *Environ Sci* vol. 12, no.5, pp.283-292.
- Mazumder Guha 2000., 'Diagnosis and Treatment of Arsenic Poisoning', Institute of Post Graduate Medical Education and Research,Calcutta.
- Mukono, H.J. MS 2000, *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Mukono, H.J. MS 2009, *ARSEN (As) , Dampak Terhadap Kesehatan serta Penanggulangannya*.
- Notoatmodjo, Soekidjo 2005, *Metodologi Penelitian Kesehatan*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- NIOSH 1994, *Manual of Analytical Methods 7900*,.Fourth Edition.NPDS 2007, *National Poisoning Data System*.
- Leech, L.N.,& Barret, C.K 2005, *SPSS for Intermediate Statistics Use and Interpretation 2nd*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey, London.
- O'Connor 2001, *Arsenic in Drinking Water*, Part 1.The Development of Drinking Water Regulations.
- Pallant Julie 2002, *A Step by Step Guide to Data Analysis Using SPSS for Windows*, National Library of Australia
- Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16.2005, *Baku Mutu Air Sungai* di Provinsi Sumatera Selatan.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 907 2002, *Baku Mutu Air Minum*.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 1990, *Baku Mutu Air Bersih*
- Pett, J., and Eduljee,G 1994, *Normal Concentrtion of Metal in Sedimen/Soil*.
- Ryan Barry, et.al 2000, 'Longitudinal Investigation of Exposure to Arsenic, Cadmium, and Lead in Drinking Water', *Environ Health Perspect* vo. 108, pp.731-735
- Ratnaike, R.N 2002, 'Acute and Chronic Arseni Toxityc , diakses 1/11/2009 (www.postgradmedj.com)
- Rodriguez, V.M., et.al 2003, 'The effects of arsenic exposure on the nervous system', *Toxicol Lett* vol. 145, pp. 1-18.
- Ulrich Ranft, et.al 2003, 'Association between Arsenic Exposure from a Coal – Burning Power Plant and Urinary Arsenic Concentrations in Prievidza District, Slovakia', *Environ Health Perspect* vol. 111, pp. 889 – 894
- Smith A.H., Elena Lingas, Maffuzar Rahman 2000,'Contamination of Drinking Water by Arsenic in Bangladesh:a public Health Emergency', *Bulletin of the World Health Organization*.
- Snashaal David 2003, *Occupational and Environmental Medicine*, 2nd Edition, BMJ, London.
- Smith A.H., & Meera M 2004,'Arsenic Drinking Water in Developing Countries with Extensive Exposure', *Toxicology* vol. 198, no. 39 – 44.
- SNI. 2005, *Standar Nasional Indonesia 06-6989.54-2005 Cara Uji Kadar Arsen (As) dengan Atomic Spectrofotometry*, BSN, Jakarta
- .Tsai SY, et.al 2003, 'The effects of chronic arsenic exposure from drinking water on the neurobehavioral development in adolescence', *Neurotoxicology*vol.24, pp.747-753.
- Widowati Wahyu, dkk 2008, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*, CV, Andi Offset, Yogyakarta
- WHO 2001, *Arsenic in Drinking Water*, diakses 1/5/2005 (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs210/en/>)
- WHO 2002, *Arsine:Human Health Aspects, Concise International Chemical Assesment (CICAD)*, Geneva.
- Yu Chen., et.al 2003., 'Arsenic methylation and Skin Cancer in South Western Taiwan', *J Occup Environ Med* vol 45, pp. 241-248.
- Yu Chen & Habibul Ahsan., 2004., ' Cancer Burden from Arsenic in Drinking Water in Bangladesh', *American Journal of Public Health*.

